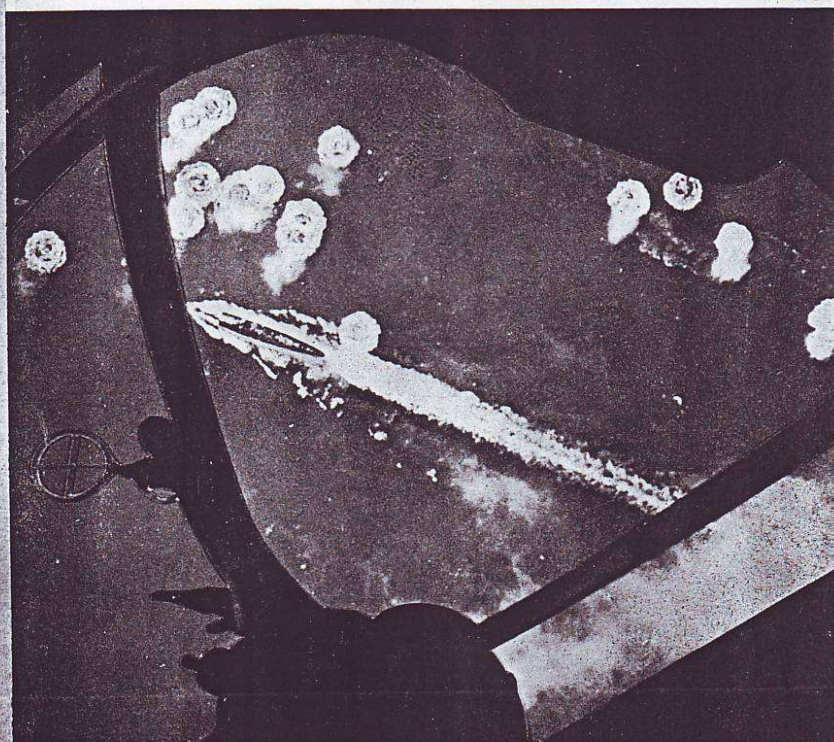
GAETANO ARTURO CROCCO
The space flight engineer

Arturo Crocco.

GEN. G. ARTURO CROCCO
ACCADEMICO D'ITALIA

I SEGRETI DELL'ARMA AEREA

CREMONESE - ROMA 1940-XVIII

ra nel senso testa-addome. Supponiamola di *cinque*, cioè cinque volte quella che si risente in volo rettilineo o sulla superficie della terra, presa come unità. Trattasi di un elevato valore; di acrobazia *pesante*. In tale sopportazione il peso del corpo del pilota diverrà mediamente di 360 chili, di cui 300 graveranno sul seggiolino e gli altri sui comandi. Le sue braccia, distese sul volante o sulla leva di guida, si aggraveranno di una ventina di chili ciascuna e le gambe allungate verso la pedaliera dovranno complessivamente sostenere il sovraccarico di un centinaio di chili. Il cervello premerà per quasi sette chili sulla base del cranio; gli occhi affonderanno nell'orbita, generando il fenomeno del *veder nero* e le palpebre si appesantiranno come per sonno improvviso; i visceri s'insaccheranno nell'addome; la respirazione si farà difficile; il cuore dovrà sospingere nelle arterie un liquido che per effetto della centrifugazione verso il basso assumerà una densità quintupla della normale.

Tutto avverrà come se il corpo del pilota venisse d'un tratto a trovarsi alla superficie di un pianeta, che diremo il pianeta X, ove la gravità fosse cinque volte quella terrestre. Un tal pianeta non esiste nel sistema solare; perchè su Giove, il più grosso, essa è appena due volte e mezza; ma la immagine è suggestiva ai fini della nostra esposizione.

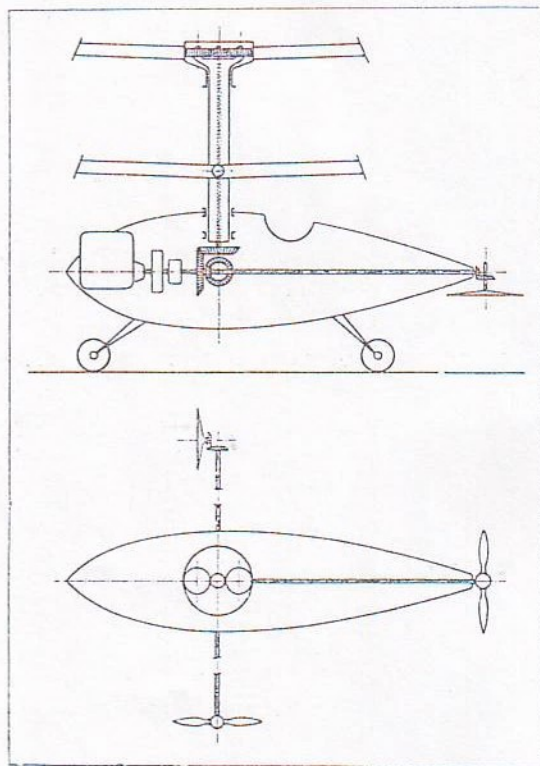
Quali conseguenze anatomiche e funzionali avrà sull'organismo umano questo temporaneo gravame? Evidentemente non ne avrà se gli organi del volatore, appena cessata la manovra, saranno in grado di riprendere in piena immunità le loro funzioni; ed il tal caso quel pilota che

ranno, una ne intravedo io stesso, fin d'ora, importantissima: quella concernente i *poteri di adattamento* dell'organismo. È improbabile infatti che questa meravigliosa caratteristica della materia vivente non intervenga a modificare i ragionamenti della meccanica inanimata e ad allontanarne le previsioni. Dopo tutto perchè non dovrebbe essere possibile la vita dell'uomo sul pianeta X, dianzi immaginato?

E se questi poteri di adattamento agli effetti della sopportazione sono oggi sopiti in noi dalla lunga ereditaria abitudine alla gravità terreste, perchè non potrebbero venire ridestati dalla educazione progressiva e dall'esercizio quotidiano?

La giostra centrifuga dei fisiologi, meccanismo di studio e di selezione nei laboratori, diverrebbe allora strumento sportivo di *allenamento* nei campi di aviazione; e preparerebbe gli *atleti dell'aria*; specialisti in acrobazia pesante ».

CROCCO - A. MONDINI - STORIA DELLA TECNICA - L'epoca contemporanea
. TORINO, TO 1980

di controllo (una specie di alettone) posta sopra l'estremità di ciascuna pala. I rotori erano montati a ruota libera, in modo da poter funzionare in autorotazione in caso di arresto del motore, previa inversione del passo. Sull'elicottero del d'Ascanio era variabile solo il passo collettivo, non quello ciclico; per il governo e la traslazione c'erano tre eliche a passo variabile, disposte come mostra la figura tratta dall'Enciclopedia Italiana [27]: l'elica che si trova in coda serve per il controllo dell'assetto longitudinale (cabrata-picchiata) e quindi anche per la traslazione, perché se l'elicottero è posto in assetto picchiato il rotore (o i rotori in questo caso) danno una componente di spinta rivolta in avanti che fa avanzare l'elicottero; l'elica che si trova a sinistra del pilota serve per l'assetto trasversale (rollìo), quella a destra per la direzione. Il motore era Fiat, da 85 CV.

Elicottero di d'Ascanio.

Nel 1934 d'Ascanio progettò un altro elicottero, pure con due rotori coassiali, e tre elichette eccentriche per il governo, disposte però diversamente rispetto all'esemplare del 1930; il motore avrebbe dovuto essere un Piaggio « Stella » 7 - 390 CV. Non fu mai realizzato.

Tralasciando tutti gli altri progetti e tentativi, ricorderemo che il primato dell'elicottero di d'Ascanio tenne fino al 1936, quando un elicottero francese di Louis Bréguet e René Dorand con motore da 420 CV, che si chiamava *Gyroplane Laboratoire* e aveva anch'esso due rotori coassiali controrotanti portò a un'ora e tre minuti il primato di durata, a 44 km il percorso in circuito chiuso, e a 158 m l'altezza massima. L'elicottero Bréguet-Dorand aveva un rotore completamente articolato, cioè libero di compiere il movimento di flappeggio, e provvisto del comando di passo collettivo e

di ciascuna pala.
nzionare in auto-
: del passo. Sul-
'o, non quello ci-
passo variabile,
taliana [27]: l'elica
'a in coda serve
trollo dell'asset-
dinale (cabrata-
e quindi anche
ızione, perché se
è posto in asset-
) il rotore (o i
esto caso) danno
nente di spinta
'anti che fa avan-
tero; l'elica che
inistra del pilota
'assetto trasver-
, quella a destra
:ione. Il motore
85 CV.
4 d'Ascanio pro-
altro elicottero,
e rotori coassia-
ıette eccentriche
verno, disposte
amente rispetto
: del 1930; il
bbe dovuto esse-
io « Stella » 7 -
on fu mai rea-

:emo che il pri-
do un elicottero
420 CV, che si
ri coassiali con-
a 44 km il per-
cottero Bréguet-
ero di compiere
sso collettivo e

di passo ciclico; quest'ultimo era stato suggerito fin dal 1906 da Gaetano Arturo Crocco, che fu anche il primo a studiare il fenomeno dell'autorotazione.

Il primo elicottero pratico fu però il Focke-Achgelis Fa-61, provvisto di due rotori affiancati, montati su appositi castelli sorretti da una fusoliera da aeroplano; nel maggio 1937 il Fa-61 compì il primo atterraggio in autorotazione, e nel giugno dello stesso anno conquistò i nuovi record mondiali: raggiunse i 2439 m di quota, i 122 km/h di velocità su 20 km, distanza in linea retta 108,974 km, durata un'ora e 20'; nel 1939 lo stesso elicottero, che talvolta è indicato con la sigla FW-61, raggiunse i 3427 m di altezza. Il volo che suscitò più interesse nel pubblico fu però quello fatto nel febbraio 1928 dentro la Deutschlandhalle a Berlino, che ne mise in luce la grande manovrabilità. Il successo del Fa-61 incoraggiò i due progettisti a sviluppare il primo elicottero passeggeri del mondo, il Fa-266 a sei posti, per la Lufthansa; ne fu derivata una versione militare, il Fa-223, il cui prototipo fu pronto nel 1939. Focke e Achgelis progettarono anche la prima gru volante, il Fa-284, capace di sollevare un carico di 7 tonnellate. Notiamo anche di passaggio che i Tedeschi nella seconda guerra mondiale costruirono e impiegarono un minuscolo autogiro monoposto dal rotore pieghevole che veniva imbarcato sui sommergibili, si sollevava trainato dal sommergibile in emersione e offriva un eccellente campo di osservazione all'uomo che lo pilotava.

L'elicottero Focke-Achgelis Fa-61 (conosciuto anche come Focke-Wulf Fw-61) pilotato dall'aviatrice Anna Reitsch in volo nell'interno della Deutschlandhalle di Berlino nel 1938.

La creazione dell'elicottero moderno doveva però esser merito di Igor Sikorsky (1889-1972), che aveva progettato il primo quadrimotore del mondo nella Russia zarista, e aveva anche tentato di costruire due volte un elicottero in patria negli anni 1909-1910. Tornando agli antichi amori tren-

* * *

Nacque Gaetano Arturo Crocco a Napoli da genitori siciliani il 26 ottobre 1877. Seguì il liceo classico con grande profitto, eccellendo nelle materie letterarie. Frequentò il biennio fisico-matematico all'Università di Palermo e, successivamente a Torino, la Scuola di applicazione d'Artiglieria e Genio, uscendone tenente del Genio nel 1900. Fu assegnato alla « Brigata specialisti » comandata dal capitano Moris. Di questa Brigata, famosa nella storia della aeronautica italiana, fu presto il massimo esponente. Iniziò la sua attività occupandosi di macchine telefotografiche da mare ed aerostato. Presentò anche un progetto di turbina a gas, irrealizzabile perché ancora non esistevano materiali resistenti alle alte temperature in gioco: i tempi non erano maturi. Nel 1902 seguì un corso all'Istituto Montefiore di Liegi, diplomandosi ingegnere elettrotecnico. Prima di ritornare in Italia fu a Londra, ma rinunciò a una lusinghiera offerta d'impiego della Westinghouse. Fu poi inviato alla Spezia e condusse con la Marina una campagna fotografica con una macchina di sua invenzione. Ebbe così occasione di studiare le oscillazioni delle navi, da cui ebbero origine le sue ricerche sulla stabilità degli aeroplani. Queste ricerche precedono il celebre primo volo dei fratelli Wright del 1903; sono ancor oggi ricerche tanto vive da potersi applicare ai missili.

Passò poi allo studio delle eliche. Con Ricaldoni, ideò e costruì un battello ad alette idroplane, cioè un vero aliscafo e lo pilotò sul lago di Bracciano. Iniziarono successivamente le sue ricerche teoriche e sperimentali sui dirigibili, anche con la costruzione di una vasca Froude e, più tardi, di una vasca circolare per lo studio delle evoluzioni.

Si sposò a Palermo nel 1905 con la signorina Bice Licastri Patti del Piraino, amorosa ed intelligente compagna della sua vita, alla quale molto si deve dell'attività prodigiosa del nostro. E' autrice del bel libro « Questa terra non ci basta » che getta viva luce sulla figura, i sentimenti, il brillante ingegno, la miracolosa attività del suo illustre marito. Dal felicissimo matrimonio nacquero sette figli, uno dei quali, Luigi, nostro collega, è anch'egli eminente aerodinamico e motorista.

Costruì il primo dirigibile italiano e lo pilotò su Roma. Il dirigibile era partito il 31 ottobre 1908 da Vigna di Valle sul lago di Bracciano; era giunto sul Campidoglio e aveva ripreso la via del ritorno con grande sorpresa dei romani.

Racconta Crocco: « non potendo veder nulla, attaccato com'ero ai timoni, non osavo girare la testa, mentre Ricaldoni e Contin, attaccati al parapetto della navicella si godevano lo spettacolo della folla in delirio che guardava in su ». Il giorno dopo i giornali uscivano con titoli enormi: « Il primo dirigibile italiano vola su Roma ». Nessuno sapeva che la trave di chiglia aveva subito gravi deformazioni e in un punto si era rotta. Ne trasse uno spunto geniale: spezzare la trave di chiglia, articolandola con uno snodo.

Nel 1908 fondò l'Istituto Centrale Aeronautico, dove furono tenuti i primi corsi aeronautici in Italia ed ebbe l'appoggio e la collaborazione di Vito Volterra. Costruì nel 1912 (dopo una prima rudimentale) una seconda galleria aerodinamica e nel 1914 una terza col doppio ritorno, per velocità fino a 200 km all'ora, funzionante fino al 1935 quando sorse Guidonia, la « città dell'aria », di cui definì il piano promovendone la costruzione: fino al 1943 fu Guidonia uno dei maggiori complessi sperimentali aeronautici d'Europa.

Nel 1920 lasciò, col grado di Colonnello, la direzione dell'Istituto. Col Guidoni concepì la famosa bomba volante e chiese due anni d'aspettativa per studiare con Usuelli un grande dirigibile.

Dal 1923 al 1925 fu Direttore generale dell'Industria al Ministero della Economia Nazionale, traendo le premesse per la conquista del posto d'avanguardia che l'industria aeronautica italiana occupò negli anni 30.

Nel 1926 riprese gli studi aeronautici con anticipazioni sulle caratteristiche differenziali di dirigibili e aeroplani, che lo condussero a prevedere la sorte definitiva dei dirigibili e le ragioni matematiche del futuro predominio degli aeroplani. In quello stesso anno fu incaricato di Teoria e costruzioni dei dirigibili nella nuova scuola di Ingegneria aeronautica dell'Università di Roma. L'anno dopo fu nominato professore ordinario per meriti eccezionali (in virtù dell'art. 17) ed ingegnere ad honorem. Tenne la Cattedra di Aeronautica generale, la sua materia prediletta, dal 1929. Fu Preside dal 1935 al 1945, fuori ruolo dal 1948 al 1952, quando venne collocato a riposo.

A lui si deve l'organizzazione del memorabile Convegno Volta del 1935, di cui fu il maggior esponente. Vi intervennero i massimi cultori dell'aerodinamica allora viventi e vi si discusse a fondo il problema delle alte velocità in aviazione. Quel convegno segnò l'apogeo della gloria di Crocco.

Fu tenente generale della riserva del Genio aeronautico (1928), Presidente del Comitato tecnico del Registro aeronautico (1928-1960), appartenne al Consiglio Superiore dell'Istruzione dal 1928 al 1932, fu Presidente della Sezione aeronautica del Consiglio Nazionale delle Ricerche dal 1929 al 1943.

Nei tardi anni la sua attività di scienziato e di profeta fu volta all'astronautica. Già nel lontano 1923 aveva previsto in questo campo la propulsione ionica, oggi oggetto di molteplici e profondi studi; nel 1951 tenne il primo corso universitario di missilistica e astronautica; nello stesso anno fondò la Società Italiana Razzi; l'ultimo suo lavoro del 1962 è una sintesi sull'attività spaziale dalle origini al volo di Gagarin, e più oltre, invocando la relatività e la propulsione ionica.

Ci lasciò il 19 gennaio 1968, avendo superato i 90 anni, in piena lucidità e serenità di spirito.

Abbiamo di lui più di 170 pubblicazioni scientifiche, alcune delle quali, dagli albori fino alla guerra 1915, sono raccolte nel volume « Problemi aeronautici », mentre altre sono raccolte nel volume « Ex bello 1923-1926 ». Ci lascia altresì il primo trattato italiano di meccanica del volo « Elementi di aviazione » del 1930. Ottenne una trentina di brevetti e realizzò una cinquan-

tina di meccanismi. Le sue 60 divulgazioni scientifiche, se raccolte, potrebbero costituire una completa e affascinante storia della scienza del volo nel sessantennio che seguì il 1903.

Molti furono i riconoscimenti alla sua opera e gli onori che gli vennero tributati. Oltre ad essere accademico linceo, era stato accademico d'Italia, accademico pontificio, membro dell'accademia aeronautica germanica, della accademia dei XL. Oltre alla medaglia dell'Académie des Sciences, aveva avuto quella Cagnola dell'Istituto Lombardo, quella dell'Istituto Colombiano, il premio Santoro dei Lincei.

Era Legione d'onore di Francia, eroe di S. Michele e S. Giorgio d'Inghilterra, Grande ufficiale della Repubblica italiana, e molte altre onorificenze gli furono conferite per i suoi alti meriti. Dall'età di trent'anni tutto il mondo lo reputava, del resto, il maggior scienziato aeronautico italiano.

* * *

Ho detto che la *meccanica del volo* fu la sua scienza prediletta: essa studia il moto di un corpo soggetto al proprio peso, alle forze che su di esso esercita l'aria (resistenza, portanza, spinta archimedea, forze deviatrici), alla trazione delle eliche o alla spinta provocata dalla reazione di getti fluidi. Questa meccanica vale anche per i voli spaziali, in cui vengono meno le forze esercitate dall'aria e in cui il peso è costituito dalle forze gravitazionali esercitate dalla terra, dal sole, la luna, i pianeti e magari le lontane stelle. La meccanica del volo viene così a confluire nella meccanica celeste della quale Crocco si occupò magistralmente negli ultimi anni della sua vita.

Nell'ambito della meccanica del volo ha fondamentale importanza la ricerca del 1912 sulla stabilità trasversale degli aeroplani. Suppone piccole le perturbazioni trasversali e indipendenti da quelle longitudinali; tiene conto però delle azioni smorzanti che dipendono dal prodotto della velocità di volo per la velocità angolare di rotazione. Affidò all'esperienza la misura dei coefficienti delle forze e dei momenti provocanti le perturbazioni.

Compì le prime esperienze utilizzando un gasometro che soffiava ossigeno da un grosso tubo al cui sbocco venivano posti i modelli. Il gasometro richiedeva tre giorni per riempirsi e tre minuti per svuotarsi. Con esso verificò la legge del prodotto della velocità angolare per quella di volo, chiave del calcolo delle azioni ammortizzanti.

Riprese lo studio della stabilità laterale nel 1937, definendo in un piano rappresentativo un'iperbole ed una retta che delimitano la regione di stabilità. Dimostrò per la prima volta l'esistenza di una stabilità laterale intrinseca, che era stata negata da Poincaré.

Per la stabilità longitudinale l'iperbole tipica della stabilità trasversale risulta sostituita da un'ellisse.

Dal 1904 in poi studiò la stabilità del dirigibile, per la quale deve essere considerata anche una coppia statica. La memoria del 1904 ebbe la medaglia d'oro dell'Académie des Sciences, e il complesso delle ricerche teoriche (una delle quali ebbe nel 1907 la medaglia d'oro Cagnola dell'Istituto Lombardo) si riassume nella memoria del 1912 « I timoni automatici dei dirigibili ».

Sintesi delle numerose note sui dirigibili sono contenute nelle dispense del suo corso universitario (1927-28).

Ho già detto dell'attività di Crocco come costruttore e sperimentatore di dirigibili, della sua geniale idea di snodare la trave di chiglia: di rompere, come egli diceva, la trave prima che si rompesse. I dirigibili italiani « semi-rigidi » si informarono a tale norma, dall'1 bis ai numerosi successivi.

Tutta la meccanica del volo interessò il nostro, e ad essa è dedicato il libro « Elementi d'aviazione » del 1930, un classico sull'argomento, nel quale dominano i metodi grafici, fra i quali è ben noto quello per il centramento. Il libro si limita al moto piano di regime. Altri argomenti, al di là di quelli trattati nel suo libro, furono studiati nella Memoria del 1940 « Equazioni concettuali della Meccanica del volo », nella comunicazione al Congresso di Meccanica di Londra del 1948, riguardante la velocità angolare di incurvamento e quella di svergolamento. Altri problemi di meccanica del volo riguardano l'autonomia, l'involo e l'atterraggio, l'avvitamento, la stabilità degli elicotteri, il volo senza visibilità, il volo strumentale. E fra gli strumenti vi è il noto indicatore di rotta che reca il suo nome, inventato nel 1919 per i dirigibili.

*
* *

Nell'ambito dell'*aerodinamica* sono pure notevoli i contributi del Crocco. Questa scienza si occupa del moto dell'aria e, in particolare, delle azioni dinamiche che essa esercita su di un solido in moto in seno ad essa. I fenomeni che si manifestano sono molto complessi, anche quando si prescinde dalla comprimibilità e dalla viscosità. Lo sono ancor più quando l'aria esplica la sua comprimibilità, magari accompagnata da trasmissione di calore, sia in condizioni subsoniche, sia in condizioni supersoniche, sia in condizioni transoniche. La viscosità poi, là dove si manifesta, reca ulteriori complicazioni. Per rendersi conto di tali complessi fenomeni, per adeguarli cioè alla nostra mente, bisogna valersi di una matematica raffinata, che rientra sì nel buon senso, ma non sempre nel senso comune, perché vengono meno quelle condizioni di regolarità e di linearità quasi sempre presupposte negli schemi che traducono fatti fisici. Anche le esperienze aerodinamiche sono molto delicate, raramente eseguibili dal vero; vengono eseguite valendosi di modelli nelle gallerie del vento, che sfruttano i principi di similitudine meccanica, oltre, s'intende, al principio galileiano di relatività.

Si deve a Crocco la teoria delle eliche. Le prime ricerche sono del 1904. Ideò e costruì eliche deformabili e orientabili. I risultati ottenuti furono organicamente esposti nella Nota del 1911 « Sulla teoria analitica delle eliche e su alcuni metodi sperimentali ». Nelle esperienze in galleria si valse di un esploratore rotante da lui inventato. Accanto alle eliche di propulsione considerò anche, fin dal 1905, eliche sostentatrici, le eliche portanti l'elicottero, per le quali previde l'autorotazione (1913), elemento questo di sicurezza, che costituisce l'essenza dell'autogiro, per il quale ottenne un brevetto nel 1922.

Nell'ambito dell'aerodinamica sono importanti le sue analisi sui principi cardinali: sul teorema della quantità di moto, sulla resistenza indotta, le scie e le leggi di similitudine.

Nel convegno Volta del 1935 da lui organizzato discusse a fondo il problema del volo veloce, patrocinando la tesi che non si dovesse parlare di muro o barriera del suono, ma soltanto di una frontiera ben valicabile. Propose altresì l'ala a freccia, divenuta ormai d'uso comune quando l'aria impegna la sua comprimibilità.

*
* *

Anche delle *strutture* e delle *costruzioni aeronautiche* Crocco si occupò molto. Per gli aeroplani ricordo i suoi studi sul peso delle strutture, sulla torsione delle ali, sulle sollecitazioni provocate dalle raffiche, sul longherone unico a traliccio nelle strutture alari a sbalzo. A lui si deve anche il progetto strutturale di un grande aereo da bombardamento. Per i dirigibili ho già accennato alla sua attività infaticabile: prima nella Brigata specialisti, pervenendo alla struttura semirigida con trave di chiglia snodata, poi, dopo il dirigibile 1 bis, alla costruzione di altri 30. In collaborazione con Usuelli progettò un grande dirigibile civile da 120.000 m^3. Preziosa fu poi la sua opera nell'ambito delle costruzioni aeronautiche quando era Direttore Generale dell'Industria prima e delle Costruzioni nel Ministero dell'Aeronautica poi. Come Presidente del Comitato tecnico del Registro aeronautico diede anche sagge direttive per le norme riguardanti la costruzione di aeroplani civili e il comportamento e le prove in volo.

*
* *

Nell'ambito della *propulsione* i maggiori contributi di Crocco riguardarono la propulsione a reazione. Se ne era occupato dal 1926 con la Nota lincea « Possibilità di superaviazione ». Chiese un brevetto che gli fu rilasciato nel 1930.

Nel 1931 precisò il funzionamento dell'autoreattore nell'ambito della aerotermodinamica nella Nota lincea che aveva il titolo suggestivo « Sui corpi aerodinamici a resistenza negativa ». In questa Nota usò il termine aeroter-

modinamica, ora d'uso corrente, per indicare la confluenza e la mutua influenza di due scienze classiche, l'aerodinamica e la termodinamica.

Previde pure la gettosostentazione nella Nota lincea « Sui corpi aerodinamici portanti », argomento questo ancor oggi di grande attualità per gli aerei a decollo e atterraggio verticale, o almeno cortissimo.

Alla fine della seconda guerra mondiale riprese lo studio della propulsione a reazione con pubblicazioni riguardanti il superamento della velocità del suono, la turboelica e il turbogetto. Grande eco ebbe il suo discorso inaugurale ai Lincei del 1950: « L'ubi consistam » archimedeo dell'endoreattore, che si trova nella sua massa. Vi si afferma, in particolare, la possibilità teorica di raddrizzare l'asse terrestre!

Il reattore aerotermodinamico puro è destinato a vincere la resistenza opposta dagli organi penetranti e da quelli portanti l'aereo supersonico. Ma, dice Crocco suggestivamente in una Nota lincea del 1946, « vi è anche la possibilità di sopprimere le ali nella loro funzione portante di regime. Ci se ne rende conto pensando che le ali, in questa loro funzione portante, sono in sostanza organi deviatori dell'aria, sulla quale l'aereo si sostiene perché ne devia verso il basso una certa massa nell'unità di tempo ed usufruisce della conseguente variazione della componente verticale della quantità di moto. Se quindi un reattore, raccogliendo l'aria che incontra colla sua imboccatura frontale e rimettendola ad accresciuta velocità per creare la propulsione, la devia contemporaneamente verso il basso, esso crea, insieme alla forza propulsiva, anche una forza di sostentamento; e perciò diviene un corpo aerotermodinamico portante ».

*
* *

Dal 1951 in poi l'attività scientifica di Crocco, ormai vecchio, fu rivolta al volo nello spazio extra-atmosferico e all'*astronautica*.

Già nel 1923, a dire il vero, aveva precorso i tempi con la Nota lincea « Sulla possibilità della navigazione extra-atmosferica », in cui proponeva di valersi della reazione provocata dall'efflusso dei prodotti della disintegrazione di materiale radioattivo. Si trattava, in sostanza, della propulsione ionica, ancor oggi non ancora realizzata praticamente. Nel 1927 aveva iniziato ricerche anche sperimentali sui propellenti solidi per i razzi, in collaborazione col figlio Luigi, e aveva poi ripreso tali ricerche fra il 1932 e il 1935. Segnalo altresì la Nota lincea del 1946 « Sulla applicazione dell'energia atomica alla navigazione interplanetaria ».

Nel discorso inaugurale del primo corso di missilistica e astronautica, tenuto a Roma nel 1951, parlò dei missili geodetici, trattando dei propellenti e del calcolo delle traiettorie nell'ipotesi di terra piatta e in quella di terra

sferica. Il discorso inaugurale del secondo corso ebbe per titolo: « Dall'antiaereo alla base orbitale ». In essa affacciò l'idea del polistadio per accrescere la gittata, adombrò il problema del rientro per satelliti con equipaggio e quello del rifornimento nello spazio.

Fra le altre pubblicazioni ricordo quella su « La sopportazione fisiologica nei missili a reazione », la Nota lincea intitolata « La barriera della temperatura nei missili geodetici », quella su « Quesiti sui missili geodetici » del Seminario matematico e fisico di Milano. Ricordo altresì le belle sintesi « I fondamenti dell'astronautica », « Dal dirigibile al missile », « Anticipazioni di nautica interplanetaria », « Il primo passo verso l'astronautica » e molte altre, fra le quali sono degne di particolare rilievo le Note lincee « Formulazioni di Meccanica astronautica » del 1955, quella dell'Accademia pontificia « Possibilità e limiti della cosmonautica » del 1957. E' stato memorabile il suo discorso inaugurale al VII Congresso astronautico internazionale di Roma nel 1956, nel quale, partendo dal satellite artificiale, si avventura nell'esplorazione siderale, valendosi della teoria della relatività. E' pure memorabile la sua proposta « Giro esplorativo di un anno Terra-Marte-Venere-Terra », ancor oggi detta « missione Crocco ». L'epoca più favorevole per la missione sarà il giugno 1971.

Nella Nota dell'Accademia pontificia del 1957 Crocco così profetizza: « L'alimentazione endogena del getto propulsore viene riserbata allo stadio finale di marcia, e si usufriusce dell'alimentazione esogena per partire dalla terra, frenare e ritornarvi. Gli stadi intermedi saranno percorsi a velocità uniforme senza consumo e le totali distanze valicabili consentiranno di scegliere le ricognizioni entro una sfera contenente 20.000 stelle. La più lontana richiederà 28 anni di vita dell'equipaggio per andare e tornare. Utopia! »... Ma, continua Crocco, « è stato detto che tutta la nostra civiltà è sbocciata dall'utopia ».

Dopo il volo del primo Sputnik, che realizzava quanto egli aveva vaticinato, concluse, al di là degli ottant'anni, la sua miracolosa attività di scienziato e di profeta col magistrale discorso al VII Convegno internazionale delle comunicazioni, tenutosi a Genova nel 1959, « Le determinanti dell'era astronautica », con quello tenuto nell'adunanza solenne del 1960 ai Lincei « Anticipazioni extra-terrestri » e con il suo contributo all'opera « Il mondo della tecnica » del 1962 « Il momento astro-cosmonautico ». E' questo un piccolo trattato sull'attività spaziale dalle origini al volo di Gagarin, nel quale si spinge anche nell'ambito della teoria della relatività e della propulsione fotonica.

Ricordo infine i titoli di alcuni studi e meditazioni su problemi che esulano dall'aeronautica: « La proprietà scientifica », « La degradazione della ricchezza », « Il diavolo e la ricerca atomica » (storia della bomba atomica), « Discorso del gradiente » (riguardante l'accelerarsi esasperato del progresso scientifico), « Premesse scientifiche al diritto spaziale ».

*
* *

Debbo ormai concludere la mia rievocazione che si è valsa anche delle molte commemorazioni che sono state pubblicate dopo la morte e delle ampie analisi della sua opera, dovute al prof. Cremona (1) e al prof. Eula (2).

Per apprezzare in tutto il loro valore e significato le intuizioni, le scoperte, le divinazioni di Crocco bisogna fare uno sforzo di memoria per riandare ai lontani anni in cui sgorgarono dalla sua mente. Calcolare la stabilità laterale degli aeroplani col metodo di Routh, relativo alle piccole perturbazioni, sembra oggi ben naturale, ma non lo era nel 1903 quando nessun aeroplano aveva volato. Porre una cerniera in una trave sollecitata a flessione al di là della sua resistenza, oggi è procedimento ben noto nella scienza e nella tecnica delle costruzioni, ma tale non era nel 1908 per la trave di chiglia dei dirigibili. Le eliche a passo variabile e l'aliscafo sono oggi familiari, ma non esistevano nel 1905 quando Crocco li ideava; neppure l'autogiro esisteva nel 1913 quando egli ne affermava l'ufficio a favore della sicurezza dell'elicottero. Nel 1935 gli aerodinamici parlavano di un fantomatico « muro del suono », quando Crocco ne affermava l'inesistenza. Studiare i missili geodetici venti anni fa, vaticinare la navigazione spaziale, ad esempio la missione Terra-Marte-Venere-Terra 13 anni or sono, desta vera meraviglia. Ancor oggi sono del tutto attuali le sue limpide e profonde idee sull'endoreattore.

Crocco non è stato però soltanto un inventore, sia pure eccezionale, ma uno scienziato nel più alto e completo senso della parola, uno scienziato che affrontava ricerche sia teoriche che sperimentali, mettendole a confronto. Le illuminava sì con le sue intuizioni geniali e la sua fervida fantasia, ma anche con acute analisi e con ampie e profonde sintesi.

Non ho conosciuto Crocco giovane e neppure all'apogeo; conosco soltanto la sua figura umana di quei tempi attraverso le evocazioni dei suoi discepoli e attraverso il suggestivo volume di sua moglie, che ho già ricordato, tutto dedicato a lui (3). Ricordo soltanto, per lumeggiarne il carattere, il suo nobile e disinteressato comportamento quando, pur avendo avuto riconoscimenti dal regime fascista, non volle piegarsi a Mussolini e a Balbo, reduce della trionfale crociera (il « fatidico volo », come allora si diceva) e, rinunciando alle sue cariche, tornò alla scuola che tanto amava.

L'ho conosciuto personalmente soltanto quando era già vecchio, in occasione di un concorso d'aerodinamica. Era ancora vivacissimo, pieno d'interesse per tutta la scienza, anche per la fisica matematica più astratta.

---

(1) CESARE CREMONA, *In memoria di G. Arturo Crocco*, Istituto Colombiano, Genova, 1968.

(2) ANTONIO EULA, *Gaetano Arturo Crocco*, L'Aerotecnica XLVIII, 1968.

(3) BICE CROCCO, *Questa terra non ci basta*, Cappelli, 1957.

Voleva che gli parlassi, più che della scienza in cui era maestro, di fisica relativistica e di meccanica quantica. Faceva osservazioni acutissime ed estrapolazioni geniali.

L'ho rivisto successivamente varie volte qui ai Lincei, più che ottantenne. Sedeva là nel settore di destra ed era una figura caratteristica, coi suoi bei capelli candidi ed il viso ancora giovanile. Mi voleva accanto a sè; mi domandava: che cosa c'è di nuovo e di notevole nella magnetofluidodinamica, che sta ritornando di moda? Quali sono le prospettive?

Serbo di lui grato ricordo e profonda ammirazione per i suoi meriti di uomo, di scienziato, di maestro.

Ahimè, ho pronunciato due parole che alcuni giovani d'oggi aborrono. Ho detto « meriti », e la meritocrazia è oggi contestatissima: si contestano i meriti di sapere, d'intelligenza, di volontà, di lavoro. Ho detto « maestro », e i maestri di scienza, di cultura, di vita sono disprezzati, perfino da alcuni politici che li chiamano i « cosiddetti maestri », forse per cattivarsi i giovani contestatori.

Ora Crocco « meriti » ne aveva tanti e li possedeva in alto grado: meriti di sapere, d'intuizione, d'intelligenza, di tecnica, di fantasia, di divinazione; ed era « maestro » nel più completo e nobile senso della parola: maestro, ben si può dire, di tutti gli aeronautici italiani, maestro soprattutto dei suoi studenti e dei suoi discepoli ai quali comunicava il suo sapere, il suo entusiasmo, la sua fede nella scienza e negli uomini; ad essi dava, insieme ai tesori della sua mente, quelli del suo cuore.

ELENCO CRONOLOGICO GENERALE DELLE PUBBLICAZIONI DI GAETANO ARTURO CROCCO

(L'asterisco * contraddistingue i lavori inseriti nella presente raccolta)

1904

* 1. — *La prima macchina volante,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, luglio 1904, pp. 3-4.

* 2. — *Circa la velocità critica dei dirigibili,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, settembre 1904, pp. 37-39; « Problemi Aeronautici », Nota XVI, pp. 279-283.

* 3. — *Esperienze analitiche sulle eliche ascensionali,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, ottobre 1904, pp. 60-64; « Problemi Aeronautici », Nota I, pp. 13-19.

* 4. — *Su una questione di aerodinamica,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, novembre 1904, pp. 73-75; « Problemi Aeronautici », Nota XII, pp. 167-170.

* 5. — *Sulla stabilità dei dirigibili,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *13*/2 (1904), pp. 427-432; « Problemi Aeronautici », Nota XVII, pp. 285-291; traduzione in forma abbreviata dal titolo *Sur la stabilité des dirigeables,* nei Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 26 décembre 1904, Paris, pp. 6-8.

1905

* 6. — *Sull'angolo* optimum *e sulle eliche di massimo rendimento teorico,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, marzo-aprile 1905, pp. 33-38; « Problemi Aeronautici », Nota II, pp. 21-25.

* 7. — *Su un modo di ottenere la verticale a bordo delle navi,* Nuovo Cimento, marzo 1905, pp. 1-3.

* 8. — *Sull'equilibrio delle macchine volanti,* Rivista di Artiglieria e Genio, II, aprile 1905; « Problemi Aeronautici », Nota X, pp. 141-159.

* 9. — *Sulla misura della spinta iniziale e del lavoro motore per eliche di grande potenza,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, maggio-giugno 1905, pp. 69-70; « Problemi Aeronautici », Nota III, pp. 27-28.

* 10. — *Nota sulle eliche di sostentamento,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, ottobre 1905, pp. 161-166; « Problemi Aeronautici », Nota IV, pp. 29-31.

1906

11. — *Circa una conclusione del capitano Ferber sulla dinamica dell'aeroplano,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, gennaio-febbraio 1906, pp. 1-2.

* 12. — *Le deformazioni geometriche degli aerostati determinate sui loro modelli,* Bollettino della Società Aeronautica Italiana, marzo-aprile 1906, pp. 56-57; « Problemi Aeronautici », Nota XXII, pp. 475-479.

* 13. — *Il momento aeronautico*, Rivista di Artiglieria e Genio, II, giugno 1906, pp. 371-393.

* 14. — *Questions aérodynamiques*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, ottobre-novembre-dicembre 1906, pp. 265-267.

1907

15. — *Sull'impiego dell'alluminio e dell'acciaio nelle costruzioni meccaniche leggere*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, marzo 1907, pp. 82-84.

* 16. — *La dinamica degli aerostati dirigibili*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, aprile-maggio 1907, p. 129; « Problemi Aeronautici », Nota XVIII, pp. 293-341; traduzione francese dal titolo *La dynamique des aérostats dirigeables*, Revue du Génie Militaire, août-octobre 1907.

17. — *Il dirigibile in mare sul cono d'ancora*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, luglio 1907, p. 245; paragrafo 27 dell'edizione francese del lavoro n. 16.

18. — *La verticale di consumo nei dirigibili*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, dicembre 1907, pp. 385-389.

1908

* 19. — *Sulla resistenza dell'aria nel moto non uniforme*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana, gennaio 1908, pp. 1-5.

* 20. — *L'idroplano*, Rivista Marittima, aprile 1908; « Problemi Aeronautici », Nota VIII, pp. 87-113.

* 21. — *Il presente e l'avvenire degli idroplani*, Atti del Collegio degli Ingegneri Navali e Meccanici in Italia, maggio-giugno 1908; « Problemi Aeronautici », Nota IX, pp. 115-137.

22. — *Il dirigibile militare italiano. Diario delle sortite nel mese di ottobre 1908*, Bollettino della Società Aeronautica Italiana (1908/10), pp. 335-338.

1909

* 23. — *Di un importante coefficiente di stabilità negli aeroplani*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *18*/1 (1909), pp. 571-575; Bollettino della Società Aeronautica Italiana (1909), pp. 217-218; « Problemi Aeronautici », Nota XI, pp. 161-165.

1910

* 24. — *La navigazione aerea*, Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, Roma 1910; « Problemi Aeronautici », Nota XIII, pp. 171-194.

1911

* 25. — *Les études d'aérodynamique du laboratoire des aérostiers militaires italiens*, La Technique Aéronautique, *34-35* (1911), pp. 297-304, 329-342.

* 26. — *Sulla teoria analitica delle eliche e su alcuni metodi sperimentali*, Atti del Congresso Aeronautico Internazionale di Torino, 26 ottobre 1911; Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1912, pp. 3-26; « Problemi Aeronautici », Nota V, pp. 33-63; traduzione francese dal titolo *Sur la théorie analytique des hélices et sur quelques méthodes expérimentales*, La Technique Aéronautique, *67*, *71*, *72* (1912), pp. 194-200, 321-330, 363-371.

1912

* 27. — *Sulla stabilità laterale degli aeroplani,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1912, pp. 77-147; « Problemi Aeronautici », Nota XIV, pp. 195-270.

* 28. — *Introduzione alla teoria sui timoni automatici nei dirigibili,* Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Milano 1912; « Problemi Aeronautici », Nota XIX, pp. 343-370.

29. — *I timoni automatici nei dirigibili,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1912, pp. 197-290; « Problemi Aeronautici », Nota XX, pp. 371-470.

1913

30. — *L'elicottero,* Stralcio del Brevetto n. 81078 del 27 febbraio 1906, pubblicato in G. Costanzi, *Nota sulla resistenza delle eliche autorotanti,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1913, pp. 21-24 nota 1.

31. — *Perfezionamenti nella stabilità longitudinale degli aeroplani,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1913, pp. 25-35.

* 32. — *La nuova tecnica della navigazione aerea,* Annali della Società degli Ingegneri e Architetti Italiani, 1913; « Problemi Aeronautici », Nota XXIII, pp. 481-494.

33. — *Perfezionamenti nella struttura delle aeronavi,* Annali della Società degli Ingegneri e Architetti Italiani, 1913; « Problemi Aeronautici », Nota XXIV, pp. 495-504.

34. — *L'avvenire dei dirigibili,* La navigazione aerea (1913/10-12).

1914

35. — *Navigazione Transaerea,* AER, *1* (1914/1).

* 36. — *Apparecchio per il tracciamento della curva elastica degli involucri,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1914, pp. 1-5; « Problemi Aeronautici », Nota XXI, pp. 471-474.

37. — *La catastrofe dell'*L. 2 *e l'avvenire dei dirigibili,* Annali della Società degli Ingegneri e Architetti Italiani, 1914; « Problemi Aeronautici », Nota XXV, pp. 505-520.

38. — *Une question d'aérodynamique,* Rendiconti delle Esperienze e degli Studi - Stabilimento di Esperienze e Costruzioni Aeronautiche del Genio, Roma 1914, pp. 54-56.

* 39. — *Impianto per esperienze aerodinamiche con circolazione d'aria in circuito chiuso completamente raccordato,* Brevetto n. 141.887, 1914; « Problemi Aeronautici », Nota XV, pp. 271-275.

1917

40. — *L'artiglieria volante,* Pubblicazione riservata del R. Esercito, Tipografia Gianandrea, gennaio 1917, Roma.

* 41. — *Due principi cardinali dell'aerodinamica,* Rivista tecnica dell'Aeronautica, *1* (1917), pp. 9-24; « Problemi Aeronautici », Nota VI, pp. 65-82.

1919

* 42. — *Il paradosso transatlantico*, L'Aeronauta, *2* (1919), pp. 21-26.

1920

* 43. — *Valvola di sicurezza « Crocco » per dirigibili*, Rendiconti dell'Istituto Sperimentale Aeronautico, *2* (1920), pp. 165-179.

1921

* 44. — *Sull'energia disponibile del vento*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *30*/1 (1921), pp. 131-134.

* 45. — *Constatazioni sulle scie aerodinamiche*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *30*/2 (1921), pp. 345-349.

46. — *Il caso della R. aeronave* Ausonia, Echi e Commenti, *18* (1921), p. 15.

47. — *La situazione critica del* Bodensee, Echi e Commenti, *20* (1921), p. 17.

48. — *La catastrofe dell'*R. 38, Echi e Commenti, *25* (1921), p. 19.

49. — *A proposito del* Bodensee, Echi e Commenti, *25* (1921), p. 20.

* 50. — *La discesa degli elicotteri a motore spento*, L'Aeronautica e la Marina - Rassegna Marittima Aeronautica Illustrata, *5-8* (1921).

1922

* 51. — *Il dirigibile semirigido Italiano*, Rivista Marittima, marzo 1922.

* 52. — *Limiti strutturali ed economici nelle dimensioni delle aeronavi*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *31*/1 (1922), pp. 226-229.

* 53. — *Sull'influenza del rapporto tra volume e superficie nelle aeronavi*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *31*/2 (1922), pp. 426-429.

54. — *L'Aviazione civile italiana*, Echi e Commenti, *19* (1922), p. 21.

55. — *Legislazione aeronautica*, Echi e Commenti, *20* (1922), p. 17.

* 56. — *Il rendimento dell'aeronautica italiana*, Echi e Commenti, *25* (1922), p. 13.

57. — *Dirigibili ed aviazione civile*, Echi e Commenti, *26* (1922), p. 17.

58. — *La reciprocità delle concessioni di transito nell'aeronautica mercantile*, L'Aeronautica e la Marina - Rassegna Marittima Aeronautica Illustrata, *8* (1922).

59. — *La legge di Reynolds e il nuovo impianto aerodinamico americano ad aria compressa*, Rassegna Aeronautica, I, 31 dicembre 1922.

1923

* 60. — *Commercial Airships*, Aeronautical Digest, III, n. 6, New York 1923, pp. 12, 44-45.

61. — *L'avvenire dei dirigibili*, Accademia Navale, Livorno 1923.

* 62. — *Sull'impiego dell'elio nei dirigibili*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *32*/1 (1923), pp. 64-67.

* 63. — *La compensazione dei consumi di navigazione nelle aeronavi*, Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *32*/1 (1923), pp. 107-112.

* 64. — *Sulla possibilità della navigazione extraatmosferica,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *32*/1 (1923), pp. 305-310.

* 65. — *Sull'ormeggio delle navi aeree,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale Lincei, *32*/1 (1923), pp. 461-466.

66. — *La distanza di sicurezza nella caccia aerea,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *32*/1 (1923), pp. 514-517.

* 67. — *Sulla stabilità intrinseca dell'elicottero,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *32*/2 (1923), pp. 47-52.

68. — *L'elio e l'energia atomica,* Rassegna Aeronautica, II, 28 febbraio 1923, pp. 3-9.

* 69. — *Le grandi linee di navigazione aerea e la posizione dell'Italia nel Mediterraneo,* Atti della Società per il Progresso delle Scienze, Città di Castello 1923; Rivista Marittima, aprile-maggio 1923.

* 70. — *La resurrezione del battello idrovolante,* Rassegna Aeronautica, *2*/4, 30 aprile 1923, pp. 3-8.

71. — *I grandi problemi dell'aeronautica,* Rassegna Aeronautica, *2*/4, 30 aprile 1923, pp. 9-11.

* 72. — *Cinque milioni per l'elicottero,* Rassegna Aeronautica, *2*/6, 30 giugno 1923, pp. 1-8.

73. — *Note di tecnica aeronavale,* Atti della Associazione Italiana di Aerotecnica (1923/3), pp. 167-188. Riproduce i lavori n. 52, 53, 62, 63 e 65 della presente Raccolta.

74. — *Artiglieria aerea,* Rivista Marittima, settembre 1923.

1924

75. — *La valigia aerea delle Indie,* Echi e Commenti, *23-25, 27* (1924).

76. — *Sulla proprietà scientifica,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *33*/1 (1924), pp. 107-116.

1925

77. — *La degradazione della ricchezza,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *1* (1925), pp. 105-110.

78. — *Le aeronavi nelle guerre future,* Rivista Marittima, giugno 1925.

* 79. — *Le nuove vie della scienza nel problema dell'indipendenza economica nazionale,* L'impresa elettrica, luglio 1925; Giornale di Chimica Industriale ed Applicata, settembre 1925, pp. 515-520.

80. — *Alcune idee moderne sulla resistenza delle carene,* Rivista Aeronautica, *1* (1925/7), pp. 55-68.

1926

* 81. — *Possibilità di superaviazione,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *3* (1926), pp. 241-247, 363-370.

82. — *Il proiettile a reazione,* Rivista Aeronautica, *2* (1926/3).

* 83. — *La stabilità delle aeronavi,* Rivista Aeronautica, *2* (1926/5).

* 84. — *Superartiglieria e superaviazione,* Rivista di Artiglieria e Genio, giugno-luglio 1926.

* 85. — *Il sostentamento degli aerei e la quota raggiungibile,* Rivista Aeronautica, 2 (1926/7), p. 18-40.

* 86. — *La velocità degli aerei e la superaviazione,* Rivista Aeronautica, *2* (1926/9), pp. 3-52.

1927

* 87. — *L'autonomia degli aerei e il segreto di Lindberg,* Rivista Aeronautica, *3* (1927/7), pp. 15-43.

88. — *L'equivalenza degli aerei.* (*Meditazioni di aeronautica comparata*), Collezione Aeronautica, I, Roma 1927. Riproduce i lavori 85, 86, 87.

1928

89. — *Sul peso delle strutture aeronautiche,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, 7 (1928), pp. 273-278.

90. — *Sulla rigidezza a torsione delle ali degli aeroplani,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, 7 (1928), pp. 611-616.

91. — *Teoria e costruzione di dirigibili,* Corso litografato delle lezioni svolte nella R. Scuola di Ingegneria Aeronautica di Roma, anno 1927-28, Roma 1928.

1929

* 92. — *Considerazioni sulla guida dell'aeroplano nella nebbia,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *9* (1929), pp. 25-29.

93. — *La sicurezza del volo nella nebbia,* Rivista Aeronautica, *5* (1929/10), pp. 1-47.

1930

* 94. — *Considerazioni sul volo nella nebbia,* Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, Pavia 1930.

95. — *Nell'imminenza della traversata atlantica,* Giornale d'Italia, 28 dicembre 1930.

96. — *Elementi di aviazione,* Roma 1930, ed. Ministero dell'Aeronautica; Roma 1931, ed. Alberto Stock; Roma 1932, ed. Cremonese.

1931

97. — *L'allarme atlantico,* Giornale d'Italia, 21 gennaio 1931.

98. — *Problemi aeronautici dagli albori alla guerra,* Roma 1931, ed. Alberto Stock. Comprende 25 Note che sono riedizione di precedenti lavori tranne la Nota VII (* *Costruzione di eliche*), come da elenco seguente:

Nota	Lavoro	Nota	Lavoro	Nota	Lavoro
I	3	X	8	XVIII	16
II	6	XI	23	XIX	28
III	9	XII	4	XX	29
IV	10	XIII	24	XXI	36
V	26	XIV	27	XXII	12
VI	41	XV	39	XXIII	32
VIII	20	XVI	2	XXIV	33
IX	21	XVII	5	XXV	37

* 99. — *Sui corpi aerodinamici a resistenza negativa,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *13* (1931), pp. 906-911.

* 100. — *Sui corpi aerotermodinamici portanti,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *14* (1931), pp. 161-166.

* 101. — *Iperaviazione e superaviazione,* Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, Milano 1931; L'Aerotecnica, *11* (1931/10), pp. 1173-1220; Rivista Aeronautica, 7 (1931/10), pp. 1-33; traduzione inglese dal titolo *Flying in the Stratosphere,* Aircraft Engineering, July-August 1932, pp. 171-175, 204-209.

1932

* 102. — *Di una condizione di sicurezza nell'avvitamento dei velivoli,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *15* (1932), pp. 5-11.

* 103. — *Stabilità nel volo strumentale,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *16* (1932), pp. 71-77.

1933

* 104. — *Problemi di idroaviazione,* L'Aerotecnica, *13* (1933/1-2), pp. 5-38.

105. — *Volo strumentale,* Roma 1933, ed. Ministero dell'Aeronautica, Ufficio Centrale di Sanità; L'Aerotecnica, *13* (1933/4), pp. 337-350.

* 106. — *Criteri di analisi del volo strumentale,* Memorie della Accademia d'Italia, *4* (1933), pp. 677-758; traduzione tedesca dal titolo *Grundsätzliche Untersuchungen des Instrumentefluges,* München-Berlin 1942, ed. R. Oldenburg.

1934

* 107. — *Considerazioni sulla resistenza indotta di un'ala portante,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *19* (1934), pp. 8-11.

* 108. — *Sul fuoco di un biplano,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *19* (1934), pp. 669-676.

* 109. — *Stabilità statica e stabilità cinetica nei motovelivoli,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *20* (1934), pp. 149-153.

* 110. — *Il concetto di fuoco nella stabilità dei velivoli,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *20* (1934), pp. 233-238.

1935

111. — *Velocità,* Sapere, *1* (1935).

112. — *Volo stratosferico,* Sapere, *8* (1935), pp. 295-297.

113. — *Battaglie aerodinamiche,* Sapere, *14* (1935).

* 114. — *La sicurezza dei velivoli all'incontro con una raffica ascendente,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *22* (1935), pp. 3-11.

* 115. — *L'aria compressibile,* Sapere, *21* (1935), pp. 292-294.

* 116. — *Le alte velocità in aviazione e il Convegno Volta,* in Le alte velocità in aviazione - Roma, 30 settembre-6 ottobre 1935, Atti dei Convegni, Fondazione A. Volta, *5,* Roma 1940, pp. 11-21; L'Aerotecnica, *15* (1935), pp. 851-861.

1936

* 117. — *L'aerodinamica in aviazione,* L'Aerotecnica, *16* (1936), pp. 251-284.

1937

* 118. — *Tempi e spazi di partenza e di atterramento nei velivoli,* L'Aerotecnica, *17* (1937/8-9), pp. 681-720.

119. — *La quarta dimensione,* Giornale d'Italia, 3 agosto 1937.

* 120. — *La « maneggevolezza » dei velivoli militari,* Le vie dell'aria, 1937, n. 35.

121. — *Gli atleti dell'aria,* Giornale d'Italia, 27 ottobre 1937.

* 122. — *L'iperbole di stabilità laterale nella dinamica dei velivoli,* Pontificia Accademia delle Scienze, *1* (1937), pp. 175-195.

123. — *Aeroplani e navi,* Giornale d'Italia.

* 124. — *Il problema degli effetti della sopportazione sull'organismo umano,* Atti del II Convegno di Medicina Aeronautica - 9-10 ottobre 1937, Milano 1938.

125. — *L'Aeronautica Italiana dal Regno all'Impero,* in Dal Regno all'Impero, Roma 1937, R. Accademia Nazionale dei Lincei.

126. — *Sui più recenti studi compiuti in Italia nel campo della Scienza Aeronautica. 1930-1937,* C.N.R., Comitato per l'Ingegneria, Roma 1937.

* 127. — *Il fenomeno del volo curvo,* Le vie dell'aria, 1937, n. 50, 51.

1938

* 128. — *I fattori della stabilità statico-cinetica nei motovelivoli,* Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, *27* (1938), pp. 267-275.

* 129. — *Il coefficiente balistico,* Le vie dell'aria, 1938, n. 26.

* 130. — *Il ricupero cinetico,* Le vie dell'aria, 1938, n. 27.

* 131. — *Il ricupero potenziale,* Le vie dell'aria, 1938, n. 32.

132. — *Il gioco del caccia classico,* Giornale d'Italia, 6 settembre 1938.

133. — *La corsa del bombardiere,* Giornale d'Italia, 9 settembre 1938.

134. — *La scherma aerea,* Giornale d'Italia, 11 settembre 1938.

1940

* 135. — *L'ellisse di stabilità longitudinale nella dinamica dei velivoli e dei motovelivoli,* Pontificia Accademia delle Scienze, *2* (1938), pp. 365-410, *4* (1940), pp. 343-383.

136. — *I segreti dell'arma aerea,* Roma 1940, ed. Cremonese.

137. — *La scienza nell'arte della guerra aerea,* Rivista Aeronautica, *16* (1940/12), pp. 403-418.

1941

* 138. — *Equazioni concettuali della meccanica del volo,* L'Aerotecnica, *20* (1940/7-8), pp. 538-584, *21* (1941/1-2), pp. 3-45; traduzione tedesca dal titolo *Begriffsgleichungen der Flugmechanik,* Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung, *38* (1941), con testo italiano a fronte.

1942

* 139. — *Equazione generale della gran volta,* L'Aerotecnica, *22* (1942/1-2, 9-10), pp. 5-19, 395-415; Pontificia Accademia delle Scienze, *6* (1942), pp. 445-473.

140. — *Camillo Guidi,* R. Accademia d'Italia, Roma 1942.

1943

* 141. — *Sulla ellisse di stabilità dei velivoli,* Pontificia Accademia delle Scienze, 7 (1943), pp. 685-696.

1945

142. — *Contributi alla verità sulla spedizione polare dell'*Italia. *I*: *La mia perizia. II*: *Cronistoria del dirigibile dal 1913,* Rivista Aeronautica, *21* (1945/5-6), pp. 9-14, 9-22.

1946

* 143. — *Sulla applicazione dell'energia atomica alla navigazione interplanetaria,* Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *1* (1946), pp. 142-146.

144. — *Astronautica e Fisica Atomica,* Rivista Aeronautica, *22* (1946/1-2), pp. 67-68.

* 145. — *Il superamento della barriera del suono in aviazione,* Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *1* (1946), pp. 895-900, 1006-1011, 1155-1162, *2* (1947), pp. 113-120.

1948

146. — *Il diavolo e la ricerca atomica,* Nuova Antologia, luglio-agosto 1948.

1949

* 147. — *Parametri cinematici di una traiettoria di volo,* L'Aerotecnica, *29* (1949/1), pp. 4-11.

* 148. — *Il turboreattore d'alta quota,* Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *6* (1949), pp. 161-167.

1950

* 149. — *Principi concettuali della propulsione a reazione,* Ufficio Studi S.M.A.M. - Ministero della Difesa Aeronautica, Roma 1950.

* 150. — *Turboelica e turbogetto,* Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *8* (1950), pp. 428-432.

1951

* 151. — *L'*Ubi consistam *di Archimede nelle virtù della propulsione a reazione,* Accademia Nazionale dei Lincei, Problemi attuali di Scienza e di Cultura, Quaderno n. 23, Roma 1951.

* 152. — *La sopportazione fisiologica nei missili a reazione,* L'Aerotecnica, *31* (1951/n. spec.), pp. 55-59.

153. — *Commenti alla comunicazione di Gabrielli,* L'Aerotecnica, *31* (1951), pp. 333-336.

* 154. — *La barriera della temperatura nei missili geodetici,* Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, *10* (1951), pp. 97-103, *11* (1951), pp. 3-10.

1952

155. — *Quesiti sui missili geodetici,* Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano, *23* (1952); L'Aerotecnica, *34* (1954), pp. 59-71.

* 156. — *La ricerca aeronautica in Italia nel passato e nel futuro,* L'Aerotecnica, *32* (1952), pp. 301-307.

1953

* 157. — *Dal dirigibile al missile,* L'Aerotecnica, *33* (1953/n. spec.), pp. 6-9.

* 158. — *I fondamenti dell'astronautica*, L'Aerotecnica, *33* (1953/2), pp. 135-140.

159. — *La base orbitale astronautica*, Bollettino del Rotary Club di Roma, *67* (1953), pp. 23-26.

* 160. — *Le ravitaillement dans l'espace et le problème des polistades*, Congrès International d'Astronautique, Zürich 1953, pp. 152-160; appendice dal titolo *Programme d'action*, pp. 221-224.

1954

* 161. — *Discorso del gradiente*, L'Aerotecnica, *34* (1954/3), pp. 123-125.

* 162. — *The crucial problem in Astronautics - Recovery of multistage vehicles*, Jet Propulsion, September-October 1954, pp. 313-315.

1955

* 163. — *Passaggio apparente della Terra sul Sole in una escursione Terra-Marte*, Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *18* (1955), pp. 245-246.

* 164. — *Il divenire del velocismo aereo*, L'Aerotecnica, *35* (1955), pp. 59-60.

* 165. — *Anticipazioni di nautica interplanetaria*, Civiltà delle Macchine (1955), pp. 49-53.

* 166. — *Formulazioni di Meccanica astronautica*, Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, *19* (1955), pp. 3-12.

167. — *Il pilotaggio balistico*, Discorso Inaugurale all'Accademia Aeronautica di Nisida, dicembre 1955.

1956

168. — *Satellite e volo siderale* (*Discorso Inaugurale*), Rendiconti del VII Congresso Internazionale Astronautico - Roma, 17-22 settembre 1956, Roma 1956, pp. XI-XVIII; traduzione inglese dal titolo *The Satellite and the Interstellar Flight* (*Opening Speech*), ibidem, pp. IV-XI.

* 169. — *Giro esplorativo di un anno Terra-Marte-Venere-Terra*, Rendiconti del VII Congresso Internazionale Astronautico - Roma, 17-22 settembre 1956, Roma 1956, pp. 201-225; traduzione inglese dal titolo *One-Year Exploration-trip Earth-Mars-Venus-Earth*, ibidem, pp. 227-252.

1957

* 170. — *Possibilità e limiti della cosmonautica*, Pontificia Accademia delle Scienze, *17* (1957), pp. 111-126.

171. — *Cosmonautica. Possibilità e limiti*, Civiltà delle Macchine (1957).

172. — *Prima e dopo il satellite*, Tempo, *43-48* (1957).

1958

173. — *Considerazioni sul satellite artificiale*, Centro Alti Studi Militari, Roma 1957-1958.

174. — *Al di qua e al di là del satellite artificiale*, Quaderno di cultura dello Stato Maggiore dell'Esercito, *64* (1958).

175. — *Il primo passo verso l'Astronautica*, Illustrazione italiana, 4 aprile 1958.

176. — *Modesto Panetti,* Rendiconti della Accademia Nazionale dei Lincei, *24* (1958), pp. 464-473.

1959

177. — *Anche la Luna ha la sua Maginot,* Corriere dello Spazio, *2-4* (1959).

* 178. — *Premesse scientifiche al diritto spaziale,* Missili, *1* (1959/1).

* 179. — *Missili geodetici,* Missili, *1* (1959/3).

* 180. — *Le determinanti dell'era astronautica,* VII Convegno Internazionale delle Comunicazioni - Genova, 5-12 ottobre 1959. Civico Istituto Colombiano di Genova, pp. 5-29.

1960

* 181. — *Anticipazioni extraterrestri,* Accademia Nazionale dei Lincei - Rendiconti delle Adunanze Solenni, Roma 1960, pp. 138-149.

1961

* 182. — *Dall'antiaereo alla base orbitale,* Missili, *3* (1961/2).

183. — *Intervento nella commemorazione di Vito Volterra,* in Vito Volterra nel I Centenario della nascita, Problemi attuali di Scienza e di Cultura, Quaderno n. 51, Roma 1961, pp. 26-27.

1962

* 184. — *Il momento astro-cosmonautico,* Mondo della Tecnica, V, Roma 1962, pp 257-303.

altri pianeti del sistema solare e saranno state sviluppate tecniche perfezionate che consentiranno l'assemblaggio di grandi astronavi di centinaia di tonnellate di stazza — veri vascelli spaziali — in orbita terrestre, in modo da aggirare il problema di dover creare vettori di lancio di potenze spropositate. Tali astronavi imbarcheranno i loro passeggeri per mezzo di speciali trasporti aerospaziali che faranno la spola fra gli astroporti terrestri e l'orbita di parcheggio da esse prescelta.

Per quell'epoca i progettisti di propulsori avranno forse escogitato nuovi metodi per estrarre dalla materia una percentuale di energia assai superiore a quella ricavata attualmente rendendo possibili propulsori capaci di generare velocità assai vicine a quella della luce: il grande scienziato e pioniere astronautico italiano, Prof. G. A. Crocco ha dimostrato fin dal 1950 come, mediante uno sfruttamento più efficiente della energia di fusione nucleare, il raggiungimento di velocità quasi-luce sia possibile e come ciò consenta di varcare, entro i limiti di tempo della vita umana, i confini del nostro sistema solare fino a distanze equivalenti a una sfera di 34 anni-luce di raggio, contenente circa 480 stelle fisse di prima grandezza (cioè della classe del nostro sole) ciascuna delle quali rappresenta un sistema solare indipendente comprendente molti pianeti di svariate caratteristiche.

Le astronavi interstellari saranno però ben diverse da quelle usate per l'esplorazione del nostro sistema solare: a velocità prossime a quella della luce non vi è infatti possibilità di manovre all'infuori di quelle di accelerazione e rallentamento su una traiettoria rettilinea sulla quale le distanze e il tempo percorso possono essere misurati unicamente in funzione del consumo accuratamente controllato del carburante di bordo.

Gli equipaggi di tali astronavi saranno, d'altro canto, soggetti alla " dilatazione " relativistica del tempo e si ritroveranno al ritorno dalle loro missioni stellari della durata di parecchi anni, assai più giovani delle persone rimaste ad attenderli sulla Terra.

In tutte queste previsioni a lunga scadenza sui fantastici sviluppi delle attività spaziali verso la fine del secolo, una cosa è certa: che, come agli inizi dell'Era spaziale, nel 1958, tutte le previsioni fatte sugli sviluppi dei dieci anni successivi sono state di gran lunga superate dalla realtà, così le più azzardate estrapolazioni odierne non riusciranno mai a eguagliare le meraviglie spaziali che il futuro ha in serbo per le nuove generazioni.

FRANCO FIORIO- L'AVIAZIONE MODERNA E IL SUO FUTURO SPAZIALE, VALLARDI 67, MI